

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-031859

(43)Date of publication of application : 02.02.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/133

G01J 3/00

(21)Application number : 09-186545

(71)Applicant : SUN TEC KK

(22)Date of filing : 11.07.1997

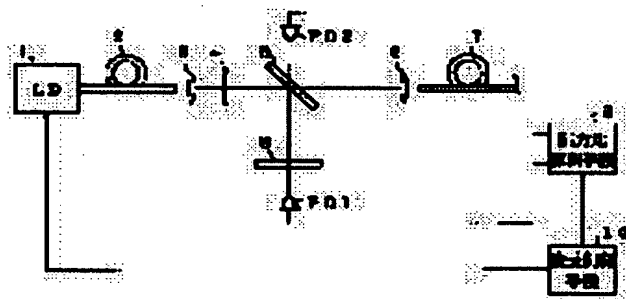
(72)Inventor : TEI DAIKOU  
MEKATA NAOYUKI

## (54) LASER BEAM SOURCE DEVICE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide with a very simple constitution a laser beam source device wherein emission wavelength is accurately controlled.

SOLUTION: The beam emitted from a laser diode 1 is made incident on a beam splitter 5, and its reflected beam is supplied to an optical bandpass filter 8. The beam which transmits the optical bandpass filter 8 is photodetected with a photodiode PD1. The beam reflected on the optical bandpass filter 8 and transmitting the beam splitter 5 is photodetected with a photodiode PD2. The emission wavelength of a laser beam source is controlled so that the photodetection ratio between the photodiodes PD1 and PD2 is constant, so that a laser beam of accurate wavelength is emitted.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.07.1997

|   |            |
|---|------------|
| [Date of sending the examiner's decision of rejection]  | 10.04.2001 |
| [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] |            |
| [Date of final disposal for application]  |            |
| [Patent number]   | 3347644    |
| [Date of registration]  | 06.09.2002 |
| [Number of appeal against examiner's decision of rejection]   | 2001-07539 |
| [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  | 08.05.2001 |
| [Date of extinction of right]   |            |

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 3 1 8 5 9

(43) 公開日 平成11年(1999)2月2日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/133

H 0 1 S 3/133

G 0 1 J 3/00

G 0 1 J 3/00

審査請求 有 請求項の数 7

O L

(全 1 1 頁)

(21) 出願番号 特願平9-186545

(22) 出願日 平成9年(1997)7月11日

(71) 出願人 591102693

サンテック株式会社

愛知県小牧市大字上末122番地

(72) 発明者 鄭 台鎬

愛知県小牧市大字上末122番地 サンテック株式会社内

(72) 発明者 女鹿田 直之

愛知県小牧市大字上末122番地 サンテック株式会社内

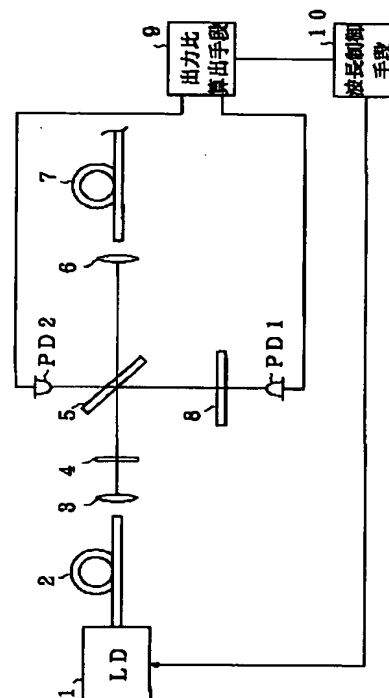
(74) 代理人 弁理士 岡本 宜喜 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レーザ光源装置

(57) 【要約】

【課題】 極めて簡単な構成で正確に発光波長を制御できるレーザ光源装置を提供すること。

【解決手段】 レーザダイオード1より発光された光をビームスプリッタ5に入射し、その反射光を光バンドパスフィルタ8に与える。光バンドパスフィルタ8を透過した光をフォトダイオードPD1で受光する。又光バンドパスフィルタ8で反射されビームスプリッタ5を透過した光をフォトダイオードPD2で受光する。フォトダイオードPD1、PD2の受光比が一定となるようにレーザ光源の発光波長を制御することによって正確な波長のレーザ光を発光させるようにしている。



4-----カットフィルタ  
5-----ビームスプリッタ  
8-----光バンドパスフィルタ  
PD1、PD2-----フォトダイオード

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の波長を連続的に変化させることができるレーザ光源と、

前記レーザ光源のレーザ光が入射され、その入射されたレーザ光を透過光と分岐光とに分岐するビームスプリッタと、

前記ビームスプリッタの分岐光が入射され、所定波長の光を透過させ、他を反射させて前記ビームスプリッタに再び入射させる光フィルタと、

前記光フィルタの透過光を受光する第1の受光素子と、前記光フィルタによって反射された分岐光のうち前記ビームスプリッタを透過する光を受光する第2の受光素子と、

前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、

前記出力比算出手段による出力比が所定値となるように前記光源の発光波長を制御する波長制御手段と、を具備することを特徴とするレーザ光源装置。

【請求項2】 前記ビームスプリッタは、2本の光ファイバの一部を密着して融着させて構成したものであることを特徴とする請求項1記載のレーザ光源装置。

【請求項3】 前記光フィルタは、透過波長 $\lambda$ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に多重に積層して構成された干渉光フィルタであることを特徴とする請求項1記載のレーザ光源装置。

【請求項4】 前記干渉光フィルタは、透過波長 $\lambda$ が基板の所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、

前記レーザ光源装置は、前記ビームスプリッタで分岐された分岐光の前記干渉光フィルタへの入射位置を前記所定方向に対して連続的に変化させるスライド調整機構を更に有するものであることを特徴とする請求項3記載のレーザ光源装置。

【請求項5】 前記波長制御手段は、前記出力比算出手段によって算出された出力比とを所定の基準値との差を検出する誤差検出手段と、

前記誤差検出手段に基準値を設定する基準値設定手段と、

前記誤差検出手段により検出される誤差値が0となるように前記レーザ光源の発光波長を制御する光源駆動手段と、を具備することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載のレーザ光源装置。

【請求項6】 前記レーザ光源と前記ビームスプリッタとの間に前記光フィルタの透過波長をカットオフ波長とするカットフィルタを更に設けたことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載のレーザ光源装置。

【請求項7】 前記光フィルタの周囲の温度を測定する温度検出手段を含み、記出力比算出手段によって算出された出力比を温度補償する温度補償手段を更に有するものである特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の

レーザ光源装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光通信等に使用される半導体レーザ等のレーザ光源の波長を安定化して発振するためのレーザ光源装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 現在光通信においては、光ファイバに多数の波長の光を多重化して通信することにより、伝送量を単一波長の光を用いた場合に比べて大幅に増加させる波長多重通信方式が検討されている。波長多重通信を実現するためには、光信号をそのまま増幅できる比較的狭い波長の帯域内に、例えば1nm以下の間隔で多数の波長のレーザ光を伝送するため、レーザ光源の波長を十分安定化させておく必要がある。又、光情報処理、光計測においては、情報の高密度化や計測の高精度化のためにレーザ光源の波長安定化は重要な課題である。

【0003】 レーザ光源の発光波長を安定化するためには、例えば基準となる波長特性を有する素子を用い、何らかの方法で発光波長との誤差を検出してレーザ光源に帰還する。そのため従来より、原子や分子の吸収を用いてそれを基準として波長を安定化する装置や、ホログラフィ、グレーティング又はマッハツェンダ干渉計やファブリペロー干渉計を用いて基準となる光又は光源の波長をディザによって変調し、波長を調整するようにした方法が知られている。ディザとは光の波長を何らかの方法でわずかに振動させることであり、これによって基準となる波長との差及び方向を判別してレーザ光源に帰還することによって、発光波長を安定化している。又多層干渉光フィルタやエタロン等を用いて波長の基準とし、レーザ光源の発光波長を安定化するようにした方法も用いられている。

【0004】 又特開昭60-74687号では、ディザをかけず半導体レーザからの光を分離し、わずかに透過する波長の異なる2つのフィルタを用いて夫々のフィルタを通過する光のレベルを光電変換素子によって検出し、その光強度比が一定となるように半導体レーザに帰還する方法が提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながらこのような従来の方法は、ディザにより光源に微妙な変化を与えて発光波長を変化させ、電気的に方向を判別し、基準に対する変化分を検出して光源である半導体レーザにフィードバックしているため、光源の光が変調されてしまう。そのため情報としての変調信号と重なる可能性があり、ディザの影響をなくすためにローパスフィルタ等の電気フィルタ等が必要になるという欠点があった。又ディザを用いるため制御系が複雑となり、ディザが可動部を伴う場合には、信頼性が低く、寿命が短くなるという欠点があった。又特開昭60-74687号の方法においては、

光を分岐するためにビームスプリッタ等が必要となるが、ビームスプリッタは光の偏光の影響を受け、又温度によって分光比が変わり易く、理想的に所定の比率で光を安定に分岐する素子を作ることが難しいという欠点があった。又フィルタについてもわずかに透過波長の異なる2つの光フィルタを製造することが難しいという欠点があった。

【0006】更に安定化した光を利用するには、レーザ光を分岐させるビームスプリッタを用いてその一部を波長安定化装置に加え、他を安定化されたレーザ光とする。このため波長安定化装置とは別にビームスプリッタが必要になるという欠点があった。

【0007】本発明はこのような従来の問題点に着目してなされたものであって、ビームスプリッタと波長安定化装置とを一体化させて極めて簡単な構成で高精度で安定化した波長のレーザ光を発光することができるレーザ光源装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本願の請求項1の発明は、光の波長を連続的に変化させることができるレーザ光源と、前記レーザ光源のレーザ光が入射され、その入射されたレーザ光を透過光と分岐光とに分岐するビームスプリッタと、前記ビームスプリッタの分岐光が入射され、所定波長の光を透過させ、他を反射させて前記ビームスプリッタに再び入射させる光フィルタと、前記光フィルタの透過光を受光する第1の受光素子と、前記光フィルタによって反射された分岐光のうち前記ビームスプリッタを透過する光を受光する第2の受光素子と、前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、前記出力比算出手段による出力比が所定値となるように前記光源の発光波長を制御する波長制御手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0009】本願の請求項2の発明は、請求項1記載のレーザ光源装置において、前記ビームスプリッタは、2本の光ファイバの一部を密着して融着させて構成したことを特徴とするものである。

【0010】本願の請求項3の発明は、請求項1記載のレーザ光源装置において、前記光フィルタは、透過波長 $\lambda$ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に多重に積層して構成された干渉光フィルタであることを特徴とするものである。

【0011】本願の請求項4の発明は、請求項3記載のレーザ光源装置において、前記干渉光フィルタは、透過波長 $\lambda$ が基板の所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、前記レーザ光源装置は、前記ビームスプリッタで分岐された分岐光の前記干渉光フィルタへの入射位置を前記所定方向に対して連続的に変化させるスライド調整機構を更に有することを特徴とするものである。

【0012】本願の請求項5の発明は、請求項1～5の

いずれか1項記載のレーザ光源装置において、前記波長制御手段は、前記出力比算出手段によって算出された出力比とを所定の基準値との差を検出する誤差検出手段と、前記誤差検出手段に基準値を設定する基準値設定手段と、前記誤差検出手段により検出される誤差値が0となるように前記レーザ光源の発光波長を制御する光源駆動手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0013】本願の請求項6の発明は、請求項1～5のいずれか1項記載のレーザ光源装置において、前記レーザ光源と前記ビームスプリッタとの間に前記光フィルタの透過波長をカットオフ波長とするカットフィルタを更に設けたことを特徴とするものである。

【0014】本願の請求項7の発明は、請求項1～6のいずれか1項記載のレーザ光源装置において、前記光フィルタの周囲の温度を測定する温度検出手段を含み、記出力比算出手段によって算出された出力比を温度補償する温度補償手段を更に有する特徴とするものである。

【0015】このような特徴を有する本発明によれば、レーザ光源を発光させて、そのレーザ光をビームスプリッタに入射する。ビームスプリッタは一部の光を透過し、他を分岐するものであり、分岐したレーザ光を光フィルタに入射する。光フィルタは所定波長の光を透過し他を反射させる。光フィルタを透過した光と反射して再びビームスプリッタを透過した光とを夫々第1、第2の受光素子によって受光し、その出力比を出力比算出手段によって算出する。そして出力比が所定値となるようにレーザ光源の発光波長を制御することにより、所定の波長のレーザ光を発光させることができる。請求項3の発明は、このような光フィルタを多層膜による干渉光フィルタによって実現したものである。又多層膜干渉光フィルタを請求項4に示すように、所定の方向に対して透過波長が連続的に変化するように構成した波長可変型の干渉光フィルタを用い、その受光位置を変更するようにすれば、レーザ光源の発光波長を変化させることができる。又請求項5の発明では、基準値設定手段により基準値を設定しておき、誤差検出手段により出力比算出手段によって算出された出力比と基準値との差を誤差として検出する。そして光源駆動手段により誤差が0となるようにレーザ光源を制御することにより、レーザ光源の発光波長を微調整することができる。更に請求項6の発明では、光源と光フィルタとの間にカットフィルタを設けることにより、光フィルタの特性のうち一方のスロープ部分のみをロック点として規定するようにしたものである。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施の形態によるレーザ光源装置の全体構成を示すブロック図である。本図においてレーザ光源は、この実施の形態では分布帰還型のレーザダイオード(LD)1を用いるものと

し、1本の線スペクトルのレーザ光を発光する。このレーザ光源の発光波長は電流又は温度制御によって例えば2〜3nm以内の範囲で外部より制御することができる。このレーザ光は光ファイバ2に導かれる。

【0017】光ファイバ2の他端には、光ファイバ2より入射されるレーザビームを平行光とするレンズ3と入射光の光の一部を遮光するカットフィルタ4が設けられ、カットフィルタ4を通過した光はビームスプリッタ5に与えられる。ビームスプリッタ5は例えばガラス基板に金属膜や誘電体多数膜を蒸着することにより光を分岐する光分岐手段であり、入射光の一部を透過し、他を反射する。透過光はレンズ6を介して光ファイバ7に入射される。光ファイバ7の他端には安定化されたレーザ光を光源とする測定装置や光通信機器等が接続される。さてビームスプリッタ5によって分岐された光は光バンドパスフィルタ8に与えられる。この光バンドパスフィルタ8は分岐されたレーザビームに垂直に配置され、一定の透過波長を有するように構成したものである。そして光バンドパスフィルタ8を透過する位置に第1の受光素子であるフォトダイオードPD1を配置し、これと対称な位置、即ち光バンドパスフィルタ8の反射光をビームスプリッタ5を越えて受光する位置に第2の受光素子であるフォトダイオードPD2を配置する。フォトダイオードPD1、PD2の出力は出力比算出手段9に与えられる。出力比算出手段9は2つの入力信号の出力比を算出してモニタ信号を出力するものであり、その出力は波長制御手段10に与えられる。波長制御手段10は出力比算出手段9による出力比が所定値となるようにレーザ光源の発光波長を制御するものである。レーザ光源の発光波長はレーザダイオード1の駆動電流を変化させたり、周囲温度を変化させることによって調整するものとする。

【0018】次に出力比算出手段9及び波長制御手段10について図2を用いて説明する。第1、第2のフォトダイオードPD1、PD2からの出力は出力比算出手段9内のI/V変換器11a、11bに与えられ、電圧信号に変換される。I/V変換器11bの出力はフォトダイオードPD2の出力レベルを補償するために後述するビームスプリッタ5の分岐比に対応したゲインを有する増幅器12に与える。I/V変換器11a及び増幅器12の出力は加算器13及び減算器14に与えられ、夫々の出力は加算及び減算されて割算器15に与えられる。割算器15はフォトダイオードPD1、PD2に受光された光を正規化し、これらの出力比に基づいて入力光の波長を検出するものである。ここでI/V変換器11a、11b、増幅器12、加算器13、減算器14、割算器15は第1、第2の受光素子の出力比によってレーザ光の波長を検出する出力比算出手段9を構成しており、その出力は誤差検出器16に与えられる。誤差検出器16の他方の入力端には基準電圧が与えられている。この

基準電圧は $+V_{CC} \sim -V_{DD}$ の間で基準値設定手段17、例えば可変抵抗器VR1によって調整できるように構成する。誤差増幅器16はこの基準電圧と入力電圧との差を誤差信号として検出し、誤差信号をPID制御部18に与える。PID制御部18は誤差信号が0となるようにPID制御するものであり、その出力はレーザダイオード駆動部19を介してレーザダイオード1に帰還するように構成されている。レーザダイオード駆動部19はレーザダイオード1に流す電流、又はレーザダイオード1の温度を制御することにより、レーザダイオード1の発光波長を、例えば2〜3nm以下の範囲内で変化するように制御するものである。ここで誤差検出器16と誤差検出器16に基準電圧を与える可変抵抗器VR1、PID制御部18、レーザダイオード駆動部19は、出力比算出手段9による出力比が所定値となるようにレーザ光源の発光波長を制御する波長制御手段10を構成している。

【0019】又光バンドパスフィルタ8は膜圧を透過波長 $\lambda$ に対して $\lambda/4$ の光学膜厚を有する高屈折率膜と低屈折率膜とを交互に積層した多層の光干渉フィルタを用いる。そしてその中間部に $\lambda/2$ の光学膜厚のキャビティ層を設けることによって一定の波長の光を通過させる光バンドパスフィルタ特性を有するように構成する。

【0020】次にこの実施の形態によるレーザ光源装置の動作について説明する。レーザダイオード1で発振するレーザ光は光ファイバ2、レンズ3を介してカットフィルタ4に入射される。図3(a)はカットフィルタ4の特性を示すグラフであり、図3(b)、(c)は光バンドパスフィルタ8の透過率、反射率の特性を示すグラフである。あらかじめカットフィルタ4はこの光バンドパスフィルタ8の中心波長 $\lambda_1$ をカットオフ波長としてこれより長い波長の光を透過し、波長の短い光を遮断するような特性を選択する。カットフィルタ4を通過した光はビームスプリッタ5に入射される。ここでビームスプリッタ5の分岐・透過比を1:Nとしておく。ビームスプリッタ5を透過したレーザ光はレンズ6を介して光ファイバ7に入射される。一方ビームスプリッタ5によって反射された分岐光は光バンドパスフィルタ8に入射する。そしてその一部のみが光バンドパスフィルタ8を透過してフォトダイオードPD1に入射する。光バンドパスフィルタ8は図3(b)、(c)に示すように所定の波長 $\lambda_1$ の光を透過させ、その他の光を反射させる特性を有している。従って光バンドパスフィルタ8で反射された光は再びビームスプリッタ5に入射し、1:Nの比率で分岐されて透過光がフォトダイオードPD2に入射する。このときレーザダイオード1の発光波長 $\lambda$ に対してフォトダイオードPD1、PD2に得られる光出力は夫々図3(d)、(e)に示すものとなる。増幅器12はこのときのフォトダイオードPD2の光分岐に伴う出力レベルの低下を補償するものである。こうすればI

／V変換器11a, 増幅器12に得られる出力は、夫々図3(b)の透過率及び図3(c)の反射率に対応している。

【0021】フォトダイオードPD2に入射する透過光のレベルはビームスプリッタ5の分岐比1:Nによって決定される。例えば光バンドパスフィルタ8の透過及び反射比が1:1のときに発光波長を固定するように設定するものとすれば、ビームスプリッタ5の分岐比が1:1の場合には、図4に示すようにPD1に対するPD2の受光比率は0.5で固定されることとなる。同様にしてビームスプリッタ5の分岐比が1:10の場合には、PD2の受光比率は0.9、分岐比が1:100では受光比率は0.99となる。このように分岐比Nを大きくしておくことによりPD1とPD2の受光レベルは図4に示すように1に近づいていくこととなる。従って分岐比Nが十分大きければ増幅器12のゲインは1でよく、増幅器12をなくするようにしてもよい。

【0022】従ってI/V変換11a, 増幅器12の出力をA, Bとすると、これらを加算及び減算し、割算器15により割算し、 $(A-B)/(A+B)$ を算出する。割算することにより正規化したレベルは図5に示すものとなる。このようにレーザ光源の発光波長に応じて波長モニタ信号が連続的に変化する。波長モニタ信号のレベルと誤差検出器16の基準電圧との差分値を誤差信号とし、誤差信号が零となるように制御することによって、誤差検出器16に設定された基準電圧と一致するようにレーザダイオード1の波長を制御することができる。例えば基準電圧を0Vとすれば、I/V変換器11aと増幅器12の出力レベルが等しい波長 $\lambda_2$ を発光したとき、誤差信号は0となり、レーザダイオードの発光波長を $\lambda_2$ に制御することができる。又基準電圧を図5のレベルV1に設定すれば、短波長側の $\lambda_4$ に波長がロックされることとなる。このように誤差検出器16の基準電圧を変化させることによって図3, 図5に示す波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の範囲内で発光波長を微調整することができる。

【0023】ここでレーザ光を分岐するビームスプリッタ5は所定の分岐比を有するものを使用するが、温度や偏波面等に依存してある範囲で分岐比の変動を生じる。このような温度や偏波面の変化に依存して分岐比Nが変化すると、2つのフォトダイオードPD1, PD2に受光される光のレベルが変化する。しかしビームスプリッタ5の分岐比Nを大きくしていけば、2つのフォトダイオードPD1, PD2に受光される変動量の比は図6に示すように小さくなる。図6では分岐比の変動が $\pm 0.1\%$ ,  $\pm 1\%$ ,  $\pm 10\%$ の3つのビームスプリッタ5について、夫々曲線A, B, CによってPD1とPD2の変動量の比を示したものである。このようにビームスプリッタ5の分岐比Nを大きくすれば、分岐比の変動が大きいビームスプリッタを用いたとしても変動量の比は小

さくほぼ0%となるため、正確に所定の波長でレーザ光の波長を固定することができる。

【0024】図7は第1の実施の形態によるレーザ光源装置のレーザ光源以外の分岐・波長ロック部分を1つのモジュールとしてケース21に収納した状態を示す斜視図である。この実施の形態では、光ファイバ2を介してレーザ光の一部が入射しており、ビームスプリッタの透過光が光ファイバ7より出力される。又このケースには電源の供給ラインやモニタ出力ラインが設けられてい

る。ケース21には前述した基準値調整手段の可変抵抗器VR1の抵抗値を調整することによって発光波長を微調整するためのつまみ22が設けられている。又このようなつまみを外部に露出させず、ケースを気密に構成してもよい。

【0025】次にこの発明の第2の実施の形態について図8, 図9を用いて説明する。この実施の形態ではロックする光のレーザ光の波長を外部から調整可能としたものである。前述した第1の実施の形態と同一部分は同一符号を付して詳細な説明を省略する。この実施の形態では光バンドパスフィルタ8に代えて干渉光フィルタ30とし、その基板の長手方向(X軸)の入射位置によって連続的に透過光の波長を変化させることができるようにしたものである。そしてスライド機構31はこの干渉光フィルタ30をレーザビームに対して垂直に保ったまま機械的にX軸方向に微小距離スライドさせ、入射位置を変化させるものである。その他の構成は前述した第1の実施の形態と同一である。

【0026】次にこの干渉光フィルタは特公平7-92530号に示されるものであり、次に図9を用いて説明する。

本実施の形態による波長可変型の干渉光フィルタ30は、例えばガラス、シリコン等のサブストレート41上に物質を多層蒸着させて構成している。このサブストレート41は使用する波長の範囲で光の透過率が高い材質を用いて構成するものとし、誘電体や半導体を用いられる。本実施の形態では石英ガラスを用いている。そしてこのサブストレート41の上部には、使用する波長での光の透過率の高い蒸着物質、誘電体、半導体等の多層膜42を蒸着する。ここで多層膜42は図示のように下部多層膜43、キャビティ層44及び上部多層膜45から形成されるものとする。又サブストレート41の下面には反射防止膜46を蒸着によって形成する。

【0027】ここで多層膜42, 反射防止膜46の蒸着材料として用いられる物質は、例えば $\text{SiO}_2$  (屈折率 $n=1.46$ ),  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  ( $n=2.15$ ),  $\text{Si}$  ( $n=3.46$ ) や $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{MgF}$ 等が用いられる。又本実施の形態では多層膜43, 45は低屈折率膜と高屈折率膜とを交互に積層して蒸着させている。ここで膜厚 $d$ と透過波長 $\lambda$ , 屈折率 $n$ とは以下の関係となるようにする。

$$\lambda = 4nd \quad \dots (1)$$

即ち各層はその光学厚さ $nd$ を $\lambda/4$ とする。そして低屈折率膜と高屈折率膜とを交互に積み重ねることによって透過率のピークの半値全幅(FWHM)を小さくしている。又キャビティ層44の膜厚 $d$ とは透過波長 $\lambda$ 、屈折率 $n$ とは以下の関係になるようにする。

$$\lambda = 2nd. \quad \dots (2)$$

即ちキャビティ層44の光学厚さ $nd$ は $\lambda/2$ とする。

【0028】さて本実施の形態による干渉光フィルタ30は、透過波長と膜厚とが式(1)、(2)の関係を有することから、サブストレート41を細長い板状の基板とし、多層膜42の屈折率を一定とし、膜厚を連続的に変化させて透過波長 $\lambda$ を異ならせるようにしている。そしてこの波長可変型干渉光フィルタ30の透過波長を $\lambda \sim \lambda_0$  ( $\lambda_0 < \lambda$ )とし、その中心点( $x = x_0$ )での透過波長を $\lambda_0$ とする。上下の多層膜43、45は、夫々第1の屈折率 $n_1$ の第1の蒸着物質膜とこれより屈折率の低い第2の屈折率 $n_2$ の第2の蒸着物質膜とを、交互に積層して構成する。即ち図9(a)の円形部分の拡大図を図9(c)に示すように、夫々の膜厚を連続的に変化させている。図9(c)において、下部多層膜43の低屈折率膜を43L、高屈折率膜を43Hとし、上部多層膜45の高屈折率膜を45H、低屈折率膜を45Lとする。そして図9(a)のフィルタのX軸上での端部 $x_0$ の透過波長 $\lambda_0$ に対して、夫々低屈折率膜及び高屈折率膜で上記の式(1)、(2)が成り立つように設定する。又 $x_0$ 、 $x_0$ での透過波長 $\lambda_0$ 、 $\lambda_0$ に対しても、その波長 $\lambda_0$ 、 $\lambda_0$ で式(1)、(2)が成り立つようにその膜厚を設定する。そしてその間の膜厚も波長の変化が直線的に変化するように設定する。従って多層膜の各膜厚は図示のようにX軸上の位置 $x_0 \sim x_0$ につれて連続的に変化し、X軸の正方向に向かって膜厚が大きくなる。

【0029】このように膜厚を連続的に変化させることは、サブストレート41上に多層膜42を蒸着して形成する際に、蒸着源との間隔を連続的に変化するようにサブストレートを傾けて配置しておくことにより、実現することができる。

【0030】又干渉光フィルタ30の膜厚自体を連続して変化させるようにしているが、各膜厚は一定とし、多層膜42の屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ をX軸方向に連続的に変化させるようにして光学厚さを連続的に可変するにしてもよい。

【0031】このようにして構成した干渉光フィルタ30は狭帯域特性を有し、しかも温度変化等に対して十分安定した特性を有している。従って干渉光フィルタ30へ光が入射する位置をスライド調整機構31を用いて機械的にX軸方向に移動させることによって、透過波長自体を連続的に変化させることができる。こうすればスライド調整機構31によって分岐光がフォトダイオードP

D1に入射する波長が変化し、ロックする波長を変化させることができる。

【0032】次に図10(a)は第2の実施の形態によるレーザ光源装置のレーザ光源以外の分岐・波長ロック部分を1つのモジュールとしてケース32に収納した状態を示す斜視図である。この実施の形態では、レーザダイオード1の発光波長を大きく変化させるためにはスライド調整機構31の調整つまみ33を回転させて干渉光フィルタ30への入射光の入射位置を変化させる。こうすれば図3(b)、(c)に示す干渉光フィルタ20の透過波長 $\lambda_1$ を変化させることができる。この場合にはカットフィルタ4もこれに応じた特性を有するフィルタを用いる必要がある。こうすれば発光可能な波長を大きく変化させることができる。従って発光波長を干渉光フィルタ30への入射位置によって大まかに調整し、微妙な波長の調整を基準値設定手段17の基準電圧を変化させることによって調整すれば、使用者が任意の波長に設定することが可能となる。

【0033】尚前述した第2の実施の形態では、スライド調整機構31と可変抵抗器VR1のつまみ33、34をケースの外部から調整できるようにしているが、図10(b)に示すように可変抵抗器VR1による基準値設定手段を設けることなくスライド調整機構31のつまみ33のみで波長を変化させるようにしてもよい。又図10(c)に示すように、製造時に必要な波長に設定しておき、スライド調整機構31のつまみ33、及び微調整のための可変抵抗器VR1のつまみ34をケース外部に露出させず、レーザ光源の発光波長を調整できないようにすることもできる。こうすれば使用者が逐一波長を調整することなく極めて簡単な構成でレーザ光源の発光波長を安定化させた安定化装置を実現することができ、気密封止も容易となる。又スライド調整機構31のつまみ33をケース32外に露出させることなく、図10

(d)に示すように微調整のための可変抵抗器VR1のつまみ34のみを調整可能としてもよい。この場合には製造時にスライド調整機構31によって必要な波長に設定しておくことより、使用者は設定波長の所定範囲内で発光波長の微調整をすることができる。

【0034】次に本発明の第3の実施の形態について図11を用いて説明する。この実施の形態ではビームスプリッタ5をガラス上に金属や誘電体多層膜を蒸着したビームスプリッタでなく、2本の光ファイバを融着させて構成したものである。この実施の形態ではレーザダイオード1から出射されたレーザ光をレンズ3及びカットフィルタ4を介して光ファイバ51に導く。光ファイバ51はそのまま測定装置や光通信機器に接続される。そして光ファイバ51の一部に他の光ファイバ52を密接して配置し、その一部を融着しておく。光ファイバ51を透過するレーザ光の一部を融着部53で光ファイバ52に分岐させ、その光を前述したように光バンドパスフィ

ルタ8を介して第1の受光素子であるフォトダイオードPD1に導く。又光バンドパスフィルタ8で反射した光を受光するために、光ファイバ52の他端に第2の受光素子であるフォトダイオードPD2を設ける。こうすれば光バンドパスフィルタ8の反射光の一部をフォトダイオードPD2で受光することができる。その他の構成は前述した第1の実施の形態と同様である。又前述した第2の実施の形態のように光バンドパスフィルタ8に代えて干渉光フィルタ30を用いて入射位置をX軸方向にずらせるように構成してもよい。この場合にはガラス基板を用いたビームスプリッタ5が不要でレンズを少なくすることができるため、光分岐・波長ロックモジュールを極めて小さく構成することができる。又部品点数も少なくなり、低価格化が可能となる。

【0035】尚前述した第1、第2の実施の形態では、信号処理回路として加算器と減算器及びその出力比を算出する割算器を設けているが、I/V変換器11aと増幅器12の出力の比を直接算出するようにしてもよいことはいうまでもない。又カットフィルタ4を設けることなく、図3(b)、(c)に示すように透過/反射特性のスロープの2つの位置でロック点を設定できるようにしてもよい。この場合には誤差信号の移動方向によって2つのロック点のうち一方の点に発光波長を固定することができる。

【0036】又前述した実施の形態ではレーザ光源としてレーザダイオードを用いているが、その他のレーザ光源を用いてもよい。前述した第1、第2の実施の形態ではビームスプリッタ5を金属や誘電体多層膜をガラス上に蒸着したビームスプリッタを用い、第3の実施の形態では2本の光ファイバを用いてその一部を融着したビームスプリッタとしているが、光平面導波路を用い、交差又は結合させて二入力二出力の光分岐素子として構成するものであれば、他の種々の光分岐素子を用いることができることはいうまでもない。

【0037】尚前述した実施の形態では出力比算出手段においてI/V変換器11bの出力を増幅する増幅器12を設けているが、フォトダイオードPD2の出力レベルがビームスプリッタ5の分岐比により低下している状態で発光波長を固定してもよい。又ビームスプリッタ5の分岐比Nが十分大きければフォトダイオードPD1、PD2の出力レーザはほぼ等しくなるため、増幅器12を設ける必要はなくなる。

【0038】次に本発明の第4の実施の形態によるレーザ光源装置について説明する。この実施の形態では前述した第1、第2の実施の形態による光フィルタは温度依存性を有することから、温度を補償し、周囲温度にかかわらず一定の波長の光源を出力することができるようにしたものである。図12は出力比算出手段より算出された出力比を温度補償するための温度補償手段60の構成を示している。温度補償手段60は温度検出手段61と

加算器62を含んで校正される。温度検出手段61は光バンドパスフィルタ8の周囲温度を検出するものであって、その出力は加算器62に与えられる。加算器62は図13の曲線Aに示すように出力比算出手段9からの出力が温度に対してほぼリニアな温度特性を有することから、これを打ち消すように温度検知信号を加算する。こうすれば極めて容易に温度補正することができ、図13の曲線Bに示すように、周囲温度にかかわらずほぼ一定の波長特性を有するレーザ光を出力することができるという効果が得られる。

#### 【0039】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本願の請求項1～6の発明によれば、ビームスプリッタと光フィルタを用い、光フィルタの透過光と反射光との比率から光源の発光波長を制御するようにしている。従ってビームスプリッタを内蔵することができ、しかも光分岐手段の分岐比を大きくしておくことにより、ビームスプリッタの分岐比や波長依存性等に影響されることなく高精度の波長精度を得ることができる。又請求項2の発明では、光ファイバを融着させることによってビームスプリッタを構成しているため、光学部品点数を少なくすることができ、極めて簡単な構成で正確な波長制御が可能となる。又請求項4の発明では、干渉光フィルタへの入射位置を制御することによって発光波長を広い範囲内で制御することができるという効果が得られる。又請求項5の発明では、基準値設定手段により設定する基準値を変化させることによって、レーザ光源の発光周波数を微調整することが可能となる。又請求項6の発明では、カットフィルタを用いてロック点を1つに限定することができるため、波長制御手段の構成を容易にすることができるという効果が得られる。又請求項7の発明では、周囲温度を検出し、出力比算出手段の出力を補償することによって、周囲温度の影響なく一定の波長のレーザ光を出力することができるという効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるレーザ光源装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態によるレーザ光源装置の出力比算出手段及び波長制御手段の構成を示すブロック図である。

【図3】カットフィルタと干渉光フィルタ及びフォトダイオードPD1、PD2の発光波長に対する特性変化を示すグラフである。

【図4】ビームスプリッタの分岐比に対するフォトダイオードの出力比を示す図である。

【図5】波長に対する誤差信号の変化を示すグラフである。

【図6】ビームスプリッタの分岐比に対するフォトダイオードPD1、PD2の出力の変動量の変化を示すグラフである。

【図7】第1の実施の形態による光分岐・波長ロックモジュールの構成を示す斜視図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態によるレーザ光源装置の全体構成を示すブロック図である。

【図9】(a)は本発明の第2の実施の形態によるシングルキャビティ構造の干渉光フィルタの構成を示す断面図、(b)はそのX軸上で透過率の変化を示すグラフ、(c)は(a)の円形部分の拡大断面図である。

【図10】第2の実施の形態による光分岐・波長ロックモジュールの構成を示す斜視図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態によるレーザ光源装置の全体構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の第4の実施の形態によるレーザ光源装置の出力比算出手段、温度補償手段及び波長制御手段の構成を示すブロック図である。

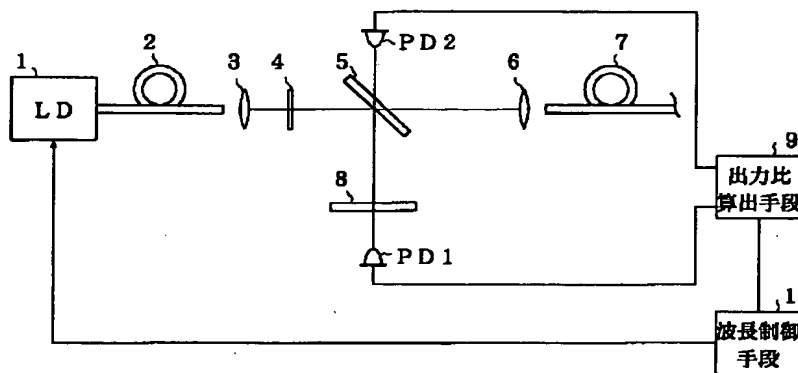
【図13】温度補償前及び温度補償後の周囲温度と波長との関係を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

- 1 レーザダイオード
- 2, 7, 51, 52 光ファイバ
- 3, 6 レンズ
- 4 カットフィルタ

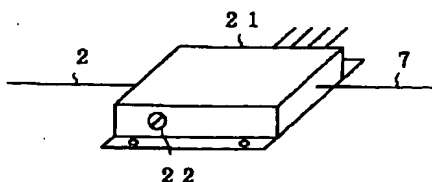
- 5 ビームスプリッタ
- 8 光バンドパスフィルタ
- 9 出力比算出手段
- 10 波長制御手段
- 11a, 11b I/V変換器
- 12 増幅器
- 13 加算器
- 14 減算器
- 15 割算器
- 16 誤差検出器
- 17 基準値設定手段
- 18 PID制御部
- 19 レーザダイオード駆動部
- 21, 32 ケース
- 22, 33, 34 つまみ
- 30 干渉光フィルタ
- 31 スライド調整機構
- 53 融着部分
- PD1, PD2 フォトダイオード
- 20 60 温度補償手段
- 61 温度検出手段
- 62 加算手段

【図1】

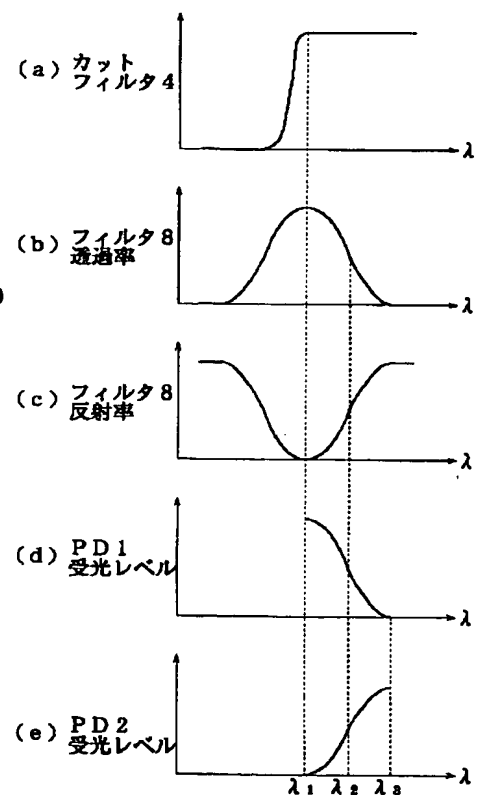


- 4 ——— カットフィルタ
- 5 ——— ビームスプリッタ
- 8 ——— 光バンドパスフィルタ
- PD1, PD2 ——— フォトダイオード

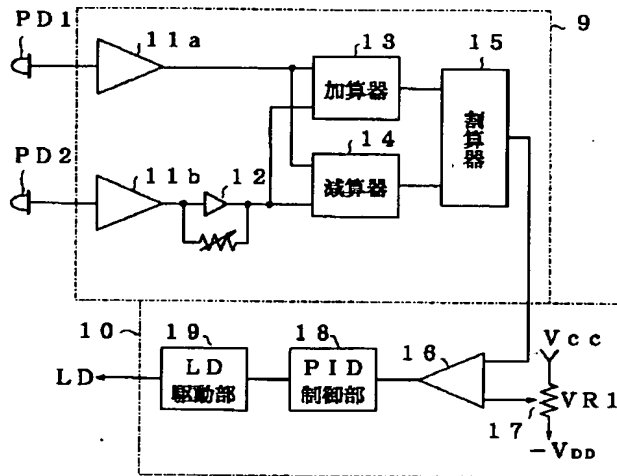
【図7】



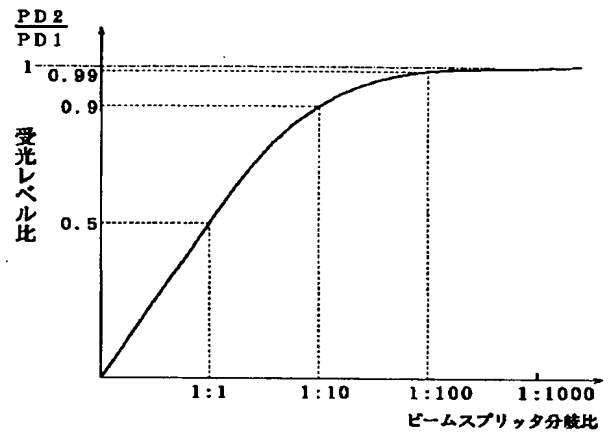
【図3】



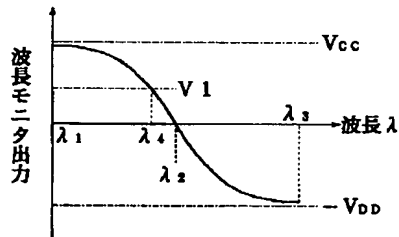
【図 2】



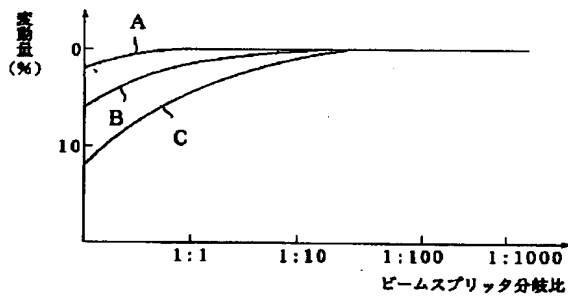
【図 4】



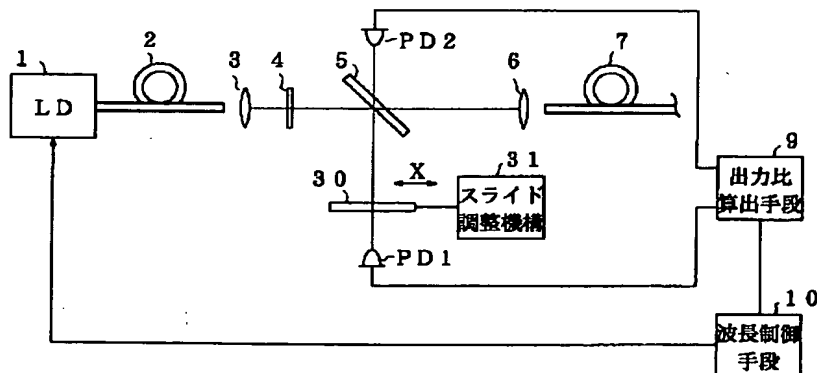
【図 5】



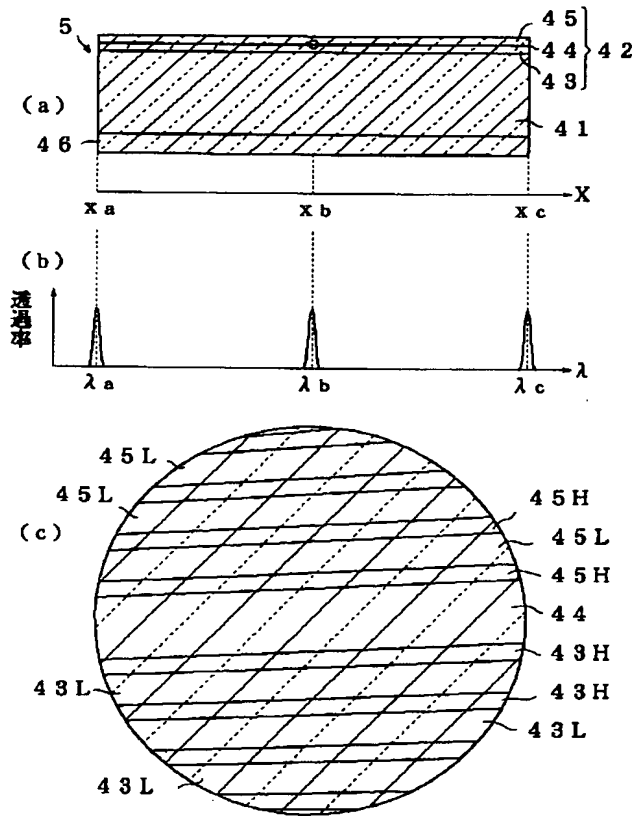
【図 6】



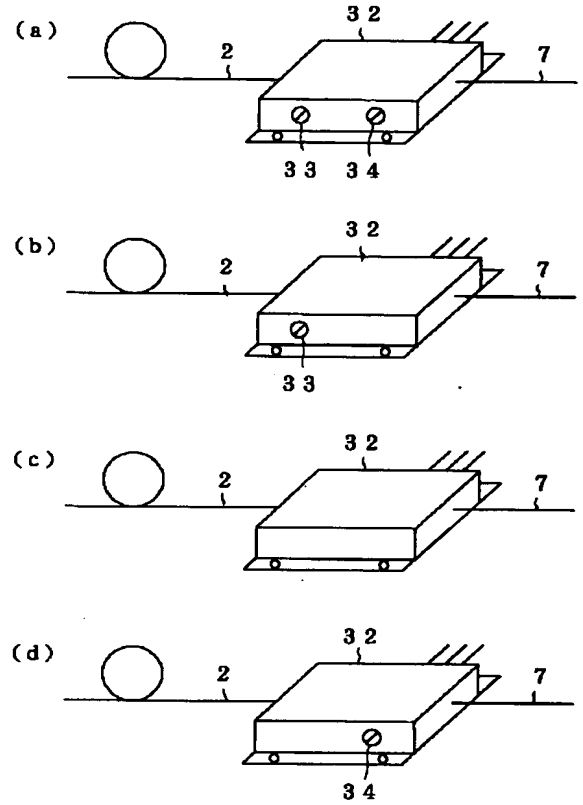
【図 8】



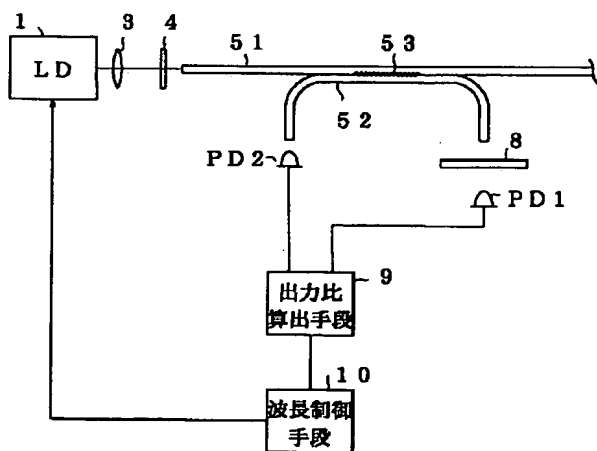
【図9】



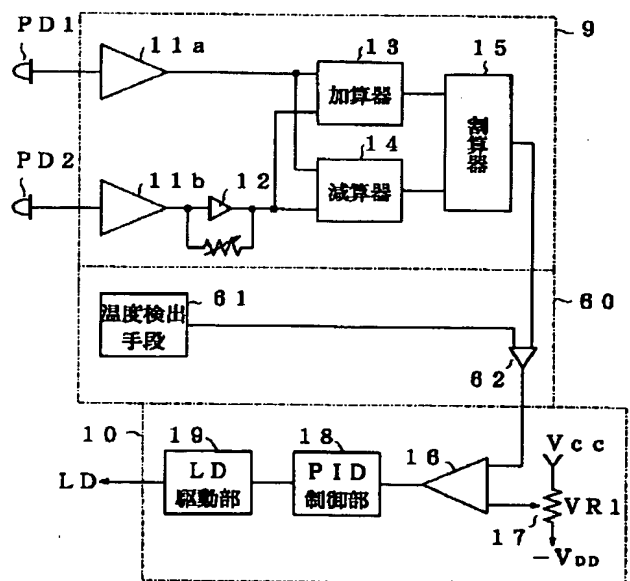
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

